

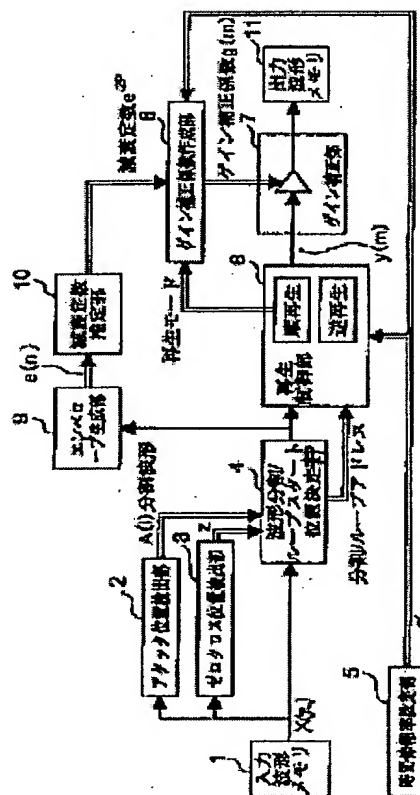
TIME STRETCH DEVICE

Patent number: JP2000181458
Publication date: 2000-06-30
Inventor: ARAI KIYOTSUGU; ADACHI MASAHITO
Applicant: KORG INC
Classification:
 - international: G10H7/02
 - european:
Application number: JP19980357309 19981216
Priority number(s): JP19980357309 19981216

Abstract of JP2000181458

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a time stretch of an arbitrary musical sound signal including complex-tone playing etc. by suppressing a double-strike phenomenon even at the time of time expansion without distorting the attack part of the musical sound signal.

SOLUTION: This device is provided with an attack position detection part 2 and a zero-cross position detection part 3 which detect an attack position and a zero-cross position of an input musical sound signal, a waveform division/loop start position determination part 4 which divides the input musical sound signal at the zero-cross position closest to the attack position as a division position and determines as a loop start position the zero-cross position closest to the position a certain time precedent to the end of each divided waveform, a time



expansion rate setting part 5 which sets a time expansion rate, and a reproduction control part 6 which sequentially reproduces the part from the head position of each divided waveform to the time position corresponding to the time expansion rate in time compression mode and performs reverse loop reproduction for a specific time in time expansion mode by performing sequential reproduction from the head position of each divided waveform and then repeating forward reproduction and sign-inverted reverse reproduction between the loop-start position and the end of the divided waveform.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-181458
(P2000-181458A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl.

G10H 7/02

識別記号

F I

G10H 7/00

テーマコード(参考)

521M 5D378

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願平10-357309

(22) 出願日 平成10年12月16日 (1998.12.16)

(71) 出願人 000130329

株式会社コルグ

東京都杉並区下高井戸1丁目15番12号

(72) 発明者 新井 清嗣

埼玉県岩槻市鹿室354

(72) 発明者 足立 雅人

東京都杉並区下高井戸1丁目15番12号 株式会社コルグ内

(74) 代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外6名)

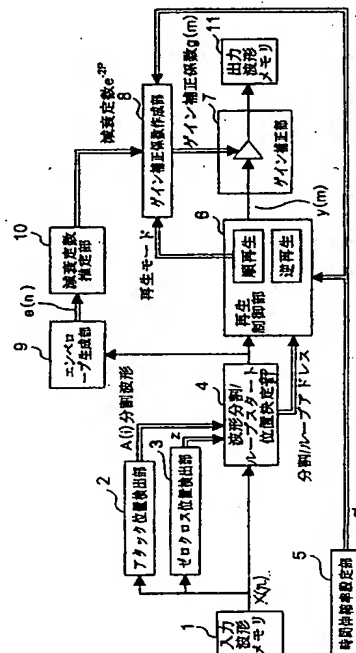
Fターム(参考) 5D378 AD42 AD51 AD57 HB11

(54) 【発明の名称】 タイムストレッチ装置

(57) 【要約】

【課題】 楽音信号のアタック部分を歪めることなくかつ時間伸張時にも2度打ち現象を抑え複音の演奏等を含む任意の楽音信号のタイムストレッチを行う。

【解決手段】 入力楽音信号からアタック位置とゼロクロス位置を検出するアタック位置検出部2とゼロクロス位置検出部3、入力楽音信号のアタック位置から最も近いゼロクロス位置を分割位置として入力楽音信号を分割し、各分割波形の終端から一定時間前の位置に最も近いゼロクロス位置をループスタート位置として決定する波形分割/ループスタート位置決定部4、時間伸縮率を設定する時間伸縮率設定部5、時間圧縮の場合は各分割波形の先頭位置から時間伸縮率に相当する時間位置までを順再生し、時間伸張の場合は各分割波形の先頭から順再生しその後ループスタート位置と分割波形の終端との間で順再生と符号反転した逆再生とを繰り返し所定時間逆ループ再生する再生制御部6を備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力楽音信号からアタック位置を検出するアタック位置検出手段と、

入力楽音信号からゼロクロス位置を検出するゼロクロス位置検出手段と、

上記入力楽音信号と上記アタック位置検出手段からのアタック位置検出信号及び上記ゼロクロス位置検出手段からのゼロクロス位置検出信号を入力して、入力楽音信号のアタック位置から最も近いゼロクロス位置を分割位置として入力楽音信号の波形を分割し分割波形を得ると共に、各分割波形の終端から予め定められた一定時間前の位置に最も近いゼロクロス位置をループスタート位置として決定する波形分割/ループスタート位置決定手段と、

時間伸縮率を設定する時間伸縮率設定手段と、

上記波形分割/ループスタート位置決定手段及び上記時間伸縮率設定手段からの出力を入力して、時間圧縮の場合は、上記各分割波形の先頭位置から時間伸縮率に相当する時間位置までを順再生すると共に、時間伸張の場合は、上記各分割波形の先頭から順再生し、その後ループスタート位置と分割波形の終端との間で順再生と符号反転した逆再生とを繰り返し、時間伸縮率に相当する時間逆ループ再生する再生制御手段とを備えたタイムストレッチ装置。

【請求項2】 請求項1に記載のタイムストレッチ装置において、上記再生制御手段からの出力に対して、上記時間伸縮率設定手段からの時間伸縮率に従って上記時間圧縮の場合と上記時間伸張の場合とで異なるゲイン補正係数に基づきゲイン補正するゲイン補正手段をさらに備えたことを特徴とするタイムストレッチ装置。

【請求項3】 請求項2に記載のタイムストレッチ装置において、上記時間伸縮率設定手段からの時間伸縮率に基づいて時間圧縮と時間伸張を判定し、時間圧縮の場合には、所定のゲイン補正係数を上記ゲイン補正手段に与えると共に、時間伸張の場合には、上記再生制御手段からの再生モード信号に基づいて順再生モードか逆再生モードかを判定し、順再生モード時には上記所定のゲイン補正係数を上記ゲイン補正手段に与えると共に、逆再生モード時には上記所定のゲイン補正係数に分割波形毎に定まる減衰エンベロープの減衰定数をかけたゲイン補正係数を作成して上記ゲイン補正手段に与えるゲイン補正係数作成手段をさらに備えたことを特徴とするタイムストレッチ装置。

【請求項4】 請求項3に記載のタイムストレッチ装置において、上記波形分割/ループスタート位置決定手段から出力される分割波形の振幅エンベロープを生成するエンベロープ生成手段と、上記エンベロープ生成手段からの振幅エンベロープからその波形の先頭部から定められた時間取り除いた減衰エンベロープの減衰定数を推定して上記ゲイン補正係数作成手段に与える減衰定数推定

手段とをさらに備えたことを特徴とするタイムストレッチ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、単一または複数の楽器及び歌唱からなる録音された楽音信号データの再生装置に係り、特に、楽音信号の再生周波数（ピッチ）を変化させずに再生時間を伸張・短縮するタイムストレッチ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】録音された楽音信号データの再生周波数（ピッチ）を変化させずに再生時間を伸張・短縮する技術をタイムストレッチ、タイムチェンジ、time compression/expansion、タイムワープ、時間伸縮技術などと呼ぶ。タイムストレッチの方法は種々のものが提案されており、それぞれの手法に異なる特徴がある。

【0003】例えば特公昭55-5162号公報に示される時間軸圧縮伸張装置は、最も基本的なタイムストレッチ技術であるが、本技術はテープを用いた技術である。図10は上述した公報に開示されたのと同様な時間軸圧縮伸張装置を示すもので、一定の時間間隔Tでアナログ入力波形を、コンデンサメモリ20の波形分割部21により細かく分割して、メモリ22a、22bに記録し、記録信号再生装置30により、記録された総録音時間と希望する総再生時間の比に従って録音時の書き込み速度から読み出し速度を求めて、希望する再生時間が長い（時間伸張）つまり読み出し速度の方が早い場合は、分割波形のメモリ内容を時間T'の間繰り返し順再生（順ループ再生）し、希望する再生時間が短い（時間圧縮）場合は、分割波形のメモリ内容を時間T'まで順再生したら次の分割波形の再生に移るようになされている。

【0004】なお、ここで、上記コンデンサメモリ20のメモリ22a、22bは、片方を書き込み用、他方を読み出し用として、交互に所定タイミング毎に入れ替わるもので、時間圧縮の場合は、一定時間フレームで区切って高速でサンプリングしてメモリに書き込み、余るフレームの最後のサンプルは無視するようになされ、また、時間伸張の場合は、一定時間フレームで区切って低速でサンプリングして、不足するフレームの最後はフレームの最初のサンプルを書き込むようにして用いられる。

【0005】しかし、この技術では、再生が分割波形を移る場合とループ再生時に分割波形の先頭に戻る場合に、それぞれ波形の不連続性が生じてノイズが発生する。これを解消するために、分割波形全体または分割波形を移る際の前の分割波形の最後と次の分割波形の先頭にそれぞれ時間振幅窓を掛けクロスフェードするなどして、波形の不連続性を押さえてノイズを低減させる技術が知られている。

【0006】しかし、このような方法では、楽音の音質を決定付ける最も重要な情報が多く含まれる楽音のアタック部分の波形も一律に伸長・短縮し、結果的に波形を歪めてしまうため音質が原音と異なってしまう問題がある。波形を歪めないように分割時間間隔を長く取ると、今度は大きく時間伸張した場合にアタック波形が2度以上再生される。つまり、ドラム音などでは2度打ちと呼ばれる現象が起きる問題もある。

【0007】また、他の従来例として、特開平1-93795号公報に示すものがある。この技術は、音声信号を対象とした技術ではあるが、単音ならば楽音信号にも適用可能である。この場合は、予め入力音声信号を有声音区間（ピッチ検出可能）、無声音区間（ピッチ検出不可）、無音区間（音量レベル極小）の区間に分け、楽音信号のアタック部分と同様、やはり波形の歪みによって大きな音質低下を招く恐れのある無声音区間は一切伸縮せず、無音区間の追加・削除と予め行ったピッチ検出の結果に基づいたピッチ周期で有声音区間を切断し、その切断波形の再生回数を調整することによって時間伸縮を行う。この方法は、複音のピッチ検出が非常に困難なことから、音声や歌唱・単音演奏などの楽音信号以外には適用できない。

【0008】さらに、他の従来例として、特開平9-62257号公報に示すものがある。図11に上記公報技術と同様な発音タイミングの変更処理装置が示されている。ここでは、入力される楽音波形のピーク位置検出部31と、楽音波形の波形分割部32と、分割波形それぞれのタイムストレッチを用いて発音タイミングの変更を行う再生制御部33が示されている。なお、再生制御部33には、時間伸張するときにループ再生のスタート位置を決定する区間内タイムストレッチ部33aと、ループ区間の波形に対し振幅窓をかけるクロスフェード部33bと、圧縮伸張率に応じた時間だけ分割波形を再生する順再生部33cとを内蔵している。

【0009】この場合、楽音信号の各単位楽音信号の発音開始タイミングに基づいて楽音信号を複数の区間信号に分割するが、切り出し位置がピーク位置から次のピーク位置であるために、連結点が楽音の一番安定しているサステイン部でさえクロスフェードによる滑らかな連結手段を設けないと波形の不連続点を生じるためノイズが発生する。しかし、クロスフェードを用いることで再現された楽音の音質が元の楽音と変化してしまう問題が残る。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、特公昭55-5162号公報に示される時間軸圧縮伸張装置では、再生が分割波形を移る場合とループ再生時に分割波形の先頭に戻る場合に、それぞれ波形の不連続性が生じてノイズが発生するので、分割波形全体または分割波形を移る際の前の分割波形の最後と次の分割波形の先頭

にそれぞれ時間振幅窓を掛けクロスフェードするなどして、波形の不連続性を押さえてノイズを低減させる必要があるという問題点があった。

【0011】また、そのような方法では、楽音の音質を決定付ける最も重要な情報が多く含まれる楽音のアタック部分の波形も一律に伸長・短縮し、結果的に波形を歪めてしまうため音質が原音と異なってしまう問題があり、波形を歪めないように分割時間間隔を長く取ると、今度は大きく時間伸張した場合にアタック波形が2度以上再生されるという現象が起きる問題があった。

【0012】また、特開平9-62257号公報に示す従来例では、楽音信号の各単位楽音信号の発音開始タイミングに基づいて楽音信号を複数の区間信号に分割するが、切り出し位置がピーク位置から次のピーク位置であるために、連結点が楽音の一番安定しているサステイン部でさえクロスフェードによる滑らかな連結手段を設けないと波形の不連続点を生じるためノイズが発生する反面、クロスフェードを用いることで再現された楽音の音質が元の楽音と変化してしまう問題があった。残る。

【0013】さらに、周波数領域の補間を用いる方法ではストレッチ後の波形がフェージング現象を起こし、伸張・圧縮によってアタック部分の振幅エンベロープも伸張・圧縮されて音質が変わってしまうなどの問題があった。

【0014】この発明は上述した従来例に係る問題点を解消するためになされたもので、楽音信号に重要な波形のアタック部分の信号波形を歪めることなく、かつ、時間伸張時にも2度打ち現象を抑えながら、複音の演奏などを含む任意の楽音信号のタイムストレッチを自動的に行うことができる高音質のタイムストレッチ装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】 この発明に係るタイムストレッチ装置は、入力楽音信号からアタック位置を検出するアタック位置検出手段と、入力楽音信号からゼロクロス位置を検出するゼロクロス位置検出手段と、上記入力楽音信号と上記アタック位置検出手段からのアタック位置検出信号及び上記ゼロクロス位置検出手段からのゼロクロス位置検出信号を入力して、入力楽音信号のアタック位置から最も近いゼロクロス位置を分割位置として入力楽音信号の波形を分割し分割波形を得ると共に、各分割波形の終端から予め定められた一定時間前の位置に最も近いゼロクロス位置をループスタート位置として決定する波形分割／ループスタート位置決定手段と、時間伸縮率を設定する時間伸縮率設定手段と、上記波形分割／ループスタート位置決定手段及び上記時間伸縮率設定手段からの出力を入力して、時間圧縮の場合は、上記各分割波形の先頭位置から時間伸縮率に相当する時間位置までを順再生すると共に、時間伸張の場合は、上記各分割波形の先頭から順再生し、その後ループスタート位置

と分割波形の終端との間で順再生と符号反転した逆再生とを繰り返し、時間伸縮率に相当する時間逆ループ再生する再生制御手段とを備えたものである。

【0016】また、上記再生制御手段からの出力に対して、上記時間伸縮率設定手段からの時間伸縮率に従って時間圧縮の場合と時間伸張の場合とで異なるゲイン補正係数に基づきゲイン補正するゲイン補正手段をさらに備えたことを特徴とするものである。

【0017】また、上記時間伸縮率設定手段からの時間伸縮率に基づいて時間圧縮と時間伸張を判定し、時間圧縮の場合には、所定のゲイン補正係数を上記ゲイン補正手段に与えると共に、時間伸張の場合には、上記再生制御手段からの再生モード信号に基づいて順再生モードか逆再生モードかを判定し、順再生モード時には上記所定のゲイン補正係数を上記ゲイン補正手段に与えると共に、逆再生モード時には上記所定のゲイン補正係数に分割波形毎に定まる減衰エンベロープの減衰定数をかけたゲイン補正係数を作成して上記ゲイン補正手段に与えるゲイン補正係数作成手段をさらに備えたことを特徴とするものである。

【0018】さらに、上記波形分割／ループスタート位置決定手段から出力される分割波形の振幅エンベロープを生成するエンベロープ生成手段と、上記エンベロープ生成手段からの振幅エンベロープからその波形の先頭部から定められた時間取り除いた減衰エンベロープの減衰定数を推定して上記ゲイン補正係数作成手段に与える減衰定数推定手段とをさらに備えたことを特徴とするものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1はこの発明の実施の形態に係るタイムストレッチ装置の構成を示すブロック図である。図1において、1は入力楽音信号を記憶する入力波形メモリ、2は入力楽音信号xのアタック位置を検出するアタック位置検出部、3は入力楽音信号xのゼロクロス位置を検出するゼロクロス位置検出部、4は上記入力楽音信号xと上記アタック位置検出部2からのアタック位置検出信号A及び上記ゼロクロス位置検出部3からのゼロクロス位置検出信号Zを入力して、入力楽音信号のアタック位置から最も近いゼロクロス位置を分割位置として入力楽音信号の波形を分割し分割波形を得ると共に、各分割波形の終端から予め定められた一定時間T₁前の位置に最も近いゼロクロス位置をループスタート位置として決定する波形分割／ループスタート位置決定部である。

【0020】また、5は時間伸縮率 α を設定する時間伸縮率設定部、6は上記波形分割／ループスタート位置決定部4の出力及び上記時間伸縮率設定部5からの出力 α を入力して、時間圧縮の場合は、上記各分割波形の先頭位置から時間伸縮率に相当する時間位置までを順再生す

ると共に、時間伸張の場合は、上記各分割波形の先頭から順再生し、その後ループスタート位置と分割波形の終端との間で順再生と符号反転した逆再生とを繰り返し、時間伸縮率に相当する時間逆ループ再生する再生制御部である。

【0021】また、7は上記再生制御部6からの出力に対して、時間伸縮率設定部5からの時間伸縮率に従って時間圧縮の場合と時間伸張の場合とで異なるゲイン補正係数に基づきゲイン補正するゲイン補正部、8は上記時間伸縮率設定部5からの時間伸縮率に基づいて時間圧縮と時間伸張を判定し、時間圧縮の場合には、所定のゲイン補正係数を上記ゲイン補正部7に与えると共に、時間伸張の場合には、上記再生制御部6からの再生モード信号に基づいて順再生モードか逆再生モードかを判定し、順再生モード時には1サンプル時間前のゲイン補正係数を上記ゲイン補正手段に与え、逆再生モード時には1サンプル時間前のゲイン補正係数に分割波形毎に定まる減衰エンベロープの減衰定数をかけたゲイン補正係数を作成して上記ゲイン補正手段に与えるゲイン補正係数作成部である。

【0022】さらに、9は上記波形分割／ループスタート位置決定部4から出力される分割波形の振幅エンベロープを生成するエンベロープ生成部、10は上記エンベロープ生成部9からの振幅エンベロープからその波形の先頭部から定められた時間取り除いた減衰エンベロープの減衰定数を推定して上記ゲイン補正係数作成部8に与える減衰定数推定部であり、11は上記ゲイン補正部7を介した圧縮・伸張された出力波形を記憶する出力波形メモリである。

【0023】次に、上記構成に係るタイムストレッチ装置の動作について図面を参照して説明する。図2は図1に示すタイムストレッチ装置の動作説明に供するもので、入力波形メモリ1に格納された楽音信号の入力波形を示し、時間とアドレスを一对一に対応して示している。ここで、 $x(n)$ は入力波形、 n は分割波形データの格納アドレスである。

【0024】図2に示す入力波形 $x(n)$ において、まず、アタック位置検出部2は、アタック位置を検出してそのアドレスA(0)、A(1)を出力し、ゼロクロス位置検出部3は、ゼロクロス位置を検出しそのアドレスZ(j₀-1)、Z(j₀)、Z(j₀'-1)、Z(j₀')、Z(j₁'-1)、Z(j₁)を出力する。

【0025】波形分割／ループスタート位置決定部4は、これらの検出信号のアドレスに基づいてアタック位置アドレスA(0)から最も近いゼロクロスアドレスZ(j₀-1)とZ(j₀)のうち、A(0)により近いZ(j₀-1)を分割位置D(0)として決定すると共に、次のアタック位置アドレスA(1)から最も近いゼロクロスアドレスZ(j₁-1)とZ(j₁)のうち、A(1)により近いZ(j₁-1)を分割位置D(1)と

して決定する。そして、分割位置 $D(i)$ から所定のループ時間 T_1 だけ戻ったアドレス A_1' に最も近いゼロクロス位置アドレス $Z(j_0' - 1)$ と $Z(j_0')$ のうち、 A_1' により近い $Z(j_0')$ をループスタート位置 $L(0)$ として決定する。

【0026】次に、再生制御部6の動作について図3及び図4に示すフローチャートを参照して説明する。図3は時間伸縮率設定部5により設定される時間伸縮率 α が1よりも小さい場合 ($\alpha < 1$) の圧縮制御時フローチャートを示し、また、図4は時間伸縮率 α が1よりも大きい場合 ($\alpha \geq 1$) の伸張制御時フローチャートを示す。

【0027】まず、図3のフローチャートに示す圧縮制御時には、分割波形番号 i 及び再生アドレス m を0に初期設定すると共に (ステップS1)、再生時間 p 及び再生モード $mode$ を0に設定する (ステップS2)。なお、再生モードが $mode = 0$ の場合は順再生、 $mode = 1$ の場合は逆再生を示す。

【0028】ここで、上記順再生と逆再生及び後述する伸張制御時の逆ループ再生について図5を参照して説明する。図5において、(a)は図2に示す入力波形の1つの分割波形のみを示したもので、これに対し、(b)は順ループ再生時の波形、(c)は逆ループ再生時の波形を示している。順再生とは、(b)及び(c)に示されるように、ループ区間 T_1 内の波形データを時間的に前から後ろの順方向に再生することを意味し、逆再生とは、(c)のみに示されるように、ループ区間 T_1 内の波形データを時間的に後ろから前に逆方向に再生することを意味する。なお、(c)に示す本実施の形態の逆再生ではループ区間内の波形データを符号反転している。

【0029】また、順ループ再生とは、(b)に示すように、再生時間内に波形データの終端Dまで再生し終わったら、ループスタート位置Lに戻って順再生を行い、再び終端まで再生し終わったら、ループスタート位置に戻って順再生を行い、以後、再生時間内にこれを繰り返すことを意味するのに対し、本実施の形態に係る逆ループ再生とは、(c)に示すように、再生時間内に波形データの終端Dまで再生し終わったら、終端位置Dからループスタート位置Lまで逆再生を行い、ループスタート位置まで再生し終わったら、波形データのループスタート位置Lから終端位置Dまで順再生を行い、以後、再生時間内にこれを繰り返すことを意味する。

【0030】分割波形データ全体を再生するときは、ループ区間 T_1 は一度順再生されるので、再生シーケンスはそれぞれ以下になる。順ループ再生時は、分割波形全体の再生 (順再生) → 順再生 → 順再生 → 順再生 → 以降、順再生が繰り返される。逆ループ再生時は、分割波形全体の再生 (順再生) → 逆再生 → 順再生 → 逆再生 → 以降、順再生と逆再生が交互に繰り返される。

【0031】図3のフローチャートに戻って、ステップS1、S2を経過した後、ステップS3において、分割

される前の元波形の格納アドレス n に分割波形の先頭アドレス $D(i)$ を設定し、ステップS4において、総再生時間 PL に次の分割波形の先頭アドレスまでの差に時間伸縮率 α をかけた値、つまり $\alpha[D(i+1) - D(i)]$ を設定する。

【0032】次に、ステップS5に移行して再生時間 p が総再生時間 PL に達したか否かを判定し、達していなければ、再生制御出力 $y(m)$ として分割波形 $x(n)$ をそのまま出力し (ステップS6)、その後、元波形の格納アドレス n を1インクリメントすると共に再生アドレス m と再生時間 p をそれぞれ1インクリメントして (ステップS7、S8)、ステップS5以降を繰り返す。

【0033】他方、再生時間 p が総再生時間 PL に達したならば、ステップS9に移行して分割波形番号 i を1インクリメントして次の分割波形に移行して、ステップS2以降を繰り返す。

【0034】図6は時間圧縮時と後述する時間伸張の場合を説明するものである。上述した時間圧縮の場合は、各分割波形 $x(n)$ 、 $x(n+1)$ の先頭位置 $D(i)$ 、 $D(i+1)$ から時間伸縮率 α に相当する時間 PL の位置までをそれぞれ順再生する。すなわち、時間圧縮の場合は、分割波形を PL 時間だけ順再生したら、次の分割波形に移行して順再生を続行する。なお、図6では各分割波形の先頭位置から総再生時間 PL に達する点がゼロクロス点に一致している場合を示し、必ずしも一致しない場合もあるが、好ましくは、分割波形の先頭位置から総再生時間に最も近いゼロクロスの位置までを順再生するようにした方がよい。

【0035】次に、図4のフローチャートに示す伸張制御時を説明する。この伸張制御時には、圧縮制御時と同様に、まず、分割波形番号 i 及び再生アドレス m を0に初期設定すると共に (ステップS10)、再生時間 p 及び再生モード $mode$ を0に設定する (ステップS11)。なお、再生モードが $mode = 0$ の場合は順再生、 $mode = 1$ の場合は逆再生を示す。

【0036】ステップS11を経過した後、ステップS12において、分割される前の元波形の格納アドレス n に分割波形の先頭アドレス $D(i)$ を設定し、ステップS13において、総再生時間 PL に次の分割波形の先頭アドレスまでの差に時間伸縮率 α をかけた値、つまり $\alpha[D(i+1) - D(i)]$ を設定する。

【0037】次に、ステップS14に移行して再生時間 p が総再生時間 PL に達したか否かを判定し、達していなければ、現在の再生モードが順再生か否かを判定する。順再生の場合には、ステップS16に移行して再生制御出力 $y(m)$ として分割波形 $x(n)$ をそのまま出力し、その後、ステップS17において、元波形の格納アドレス n を1インクリメントし、ステップS18において、 n が次の分割波形の先頭位置である $D(i+1)$

に達したか否かを判定する。

【0038】その判定結果、次の分割波形の先頭位置に達していなければステップS19に移行し、逆に、次の分割波形の先頭位置に達していればステップS20を経て再生モードをmode=1の逆再生に設定して再生ステップS19に移行し、再生アドレスmと再生時間pbをそれぞれ1インクリメントして（ステップS19）、ステップS14以降を繰り返す。

【0039】他方、上記ステップS14において、再生時間pbが総再生時間PLに達していれば、ステップS20に移行して分割波形番号iを1インクリメントして次の分割波形に移行して、ステップS11以降を繰り返す。

【0040】また、上記ステップS15において、再生モードが逆再生に設定されていれば、ステップS21に移行し、再生制御出力y(m)として分割波形x(n)を符号判定した-x(n)を出力し、その後、ステップS22において、元波形の格納アドレスnを1デクリメントし、ステップS23において、デクリメントされたnの値がループスタート位置L(i)に戻ったか否かを判定し、戻っていなければ上記ステップS19に移行し、戻っていればステップS24に移行して再生モードを順再生に切り換えた後、上記ステップS19に移行させる。

【0041】すなわち、時間伸張の場合には、図6に示すように、分割波形の先頭から順再生し、その後ループスタート位置と分割波形の終端位置との間で順再生と逆再生を繰り返すようにして、時間伸縮率に相当する時間PLの間、逆ループ再生を行い、PLに達したら次の分割波形に移る。

【0042】次に、図1の構成に戻って、上記再生制御部6からの再生制御出力y(m)が入力されるゲイン補正部7は、再生制御部6からの再生制御出力y(m)に対して、時間伸縮率設定部5からの時間伸縮率に従って時間圧縮の場合と時間伸張の場合とで異なるゲイン補正係数に基づいてゲイン補正し、そのゲイン補正された出力は、出力メモリ11に格納される。

【0043】上記ゲイン補正部7のゲイン補正係数は、ゲイン補正係数作成部8により作成される。以下、図7に示すフローチャートを参照してゲイン補正係数作成部8によるゲイン補正係数の作成動作を説明する。ゲイン補正係数作成部8は、まず、ゲイン補正係数gを1に、再生アドレスmを0に初期設定する（ステップS30）。そして、時間伸縮率設定部5からの時間伸縮率αに基づいて時間圧縮と時間伸張を判定する（ステップS31）。

$$\begin{aligned} \epsilon &= \sum_{n=0}^{N-1} \{ \log e(n) - \log \bar{e}(n) \}^2 \\ &\quad - \sum_{n=0}^{N-1} \{ \log e(n) - \log a + Pn \}^2 \end{aligned}$$

【0044】その判定結果、時間圧縮の場合には、ゲイン補正係数g(m)としてg(g=1)を上記ゲイン補正部7に与えて（ステップS32）、再生アドレスmを1インクリメントし（ステップS33）、ステップS31にリターンする。

【0045】上記ステップS31において、時間伸張の場合と判定された場合には、上記再生制御部6からの再生モード信号が順再生モードであるか否かを判定し（ステップS34）、順再生モード時であれば、ステップS32に移行してゲイン補正係数g(m)としてg(g=1)を上記ゲイン補正部7に与えて、再生アドレスmを1インクリメントし（ステップS33）、ステップS31にリターンする。

【0046】他方、上記ステップS34において、逆再生モードと判定された場合には、ゲイン補正係数gに後述する減衰定数推定部10から与えられる分割波形毎に定まる減衰エンベロープの減衰定数 $e^{-\alpha}$ をかけたゲイン補正係数g(m)を作成してゲイン補正部7に与えて（ステップS35→S32）、再生アドレスmを1インクリメントし（ステップS33）、ステップS31にリターンする。なお、Pは分割波形毎に定まる減衰エンベロープの減衰係数を示す。

【0047】ここで、分割波形毎に定まる減衰エンベロープの減衰定数 $e^{-\alpha}$ は、波形分割/ループスタート位置決定部4から出力される分割波形の振幅エンベロープを生成するエンベロープ生成部9からの振幅エンベロープに基づいてその波形の先頭部から定められた時間取り除いた減衰エンベロープの減衰定数を推定する減衰定数推定部10により求められる。

【0048】以下、減衰定数推定部10による減衰エンベロープの減衰定数 $e^{-\alpha}$ の推定方法について詳述する。入力される分割波形の振幅エンベロープから波形のアタック部である分割波形の先頭部を定められた時間取り除いた振幅エンベロープを $e(n)$ とし、そのサンプル数をN(n=0, 1, ..., N-1)とする。そして、この振幅エンベロープ $e(n)$ に対し、減衰エンベロープであるチルダ $\tilde{e}(n) = a \cdot e^{-Pn}$ を当てはめることにより、減衰定数を推定する。

【0049】推定アルゴリズムは種々のものが考えられるが、ここでは、対数の二乗誤差を最小とする定数aとPの組を採用することにする。つまり、データ $e(n)$ にチルダ $\tilde{e}(n) = a \cdot e^{-Pn}$ を当てはめるとき、誤差εを次式(1)のように定義する。

【0050】

【数1】

... (1)

【0051】ここで、 $E(n) = \log e(n)$ 、 $A = \log a$ とすると、誤差 ε を次(2)のように書き換えることができる。

$$\varepsilon = \sum_{n=0}^{N-1} (E(n) - A + Pn)^2 \quad \dots (2)$$

【0053】このとき、以下の偏微分方程式(3)を満たす A と P の組を求めればよいことになる。

$$\begin{cases} \frac{\partial \varepsilon}{\partial A} = 0 \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial P} = 0 \end{cases} \quad \dots (3)$$

10

【0055】すなわち、式(3)に式(2)を代入して解くと、式(4)を得ることができる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial A} &= -2 \sum_{n=0}^{N-1} E(n) + 2NA + PN(N-1) = 0 \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial P} &= 2 \sum_{n=0}^{N-1} nE(n) - AN(N-1) + P \frac{(N-1)N(2N-1)}{3} = 0 \end{aligned} \quad \dots (4)$$

【0057】そして、この式(4)を行列式に書き換えると、式(5)となる。

$$\begin{pmatrix} N & -\frac{N(N-1)}{2} \\ \frac{N(N-1)}{2} & -\frac{(N-1)N(2N-1)}{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{n=0}^{N-1} E(n) \\ \sum_{n=0}^{N-1} n \cdot E(n) \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

【0059】さらに、式(5)に対し、左辺の係数項の行列の逆行列をかけると、式(6)を得る。

$$\begin{pmatrix} A \\ P \end{pmatrix} = \frac{2}{N(N+1)} \begin{pmatrix} 2N-1 & -3 \\ 3 & -\frac{6}{N-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sum_{n=0}^{N-1} E(n) \\ \sum_{n=0}^{N-1} n \cdot E(n) \end{pmatrix} \quad \dots (6)$$

【0061】この式(6)を P に関して展開すると、式(7)を得る。

$$P = \frac{6}{N(N+1)} \sum_{n=0}^{N-1} \left(1 - \frac{2n}{N-1}\right) E(n) \quad \dots (7)$$

【0063】ところで、図8(a)に示す振幅エンベロープ $e(n)$ に対し、波形の減衰部の減衰エンベロープはチルダ $e(n) = a \cdot e^{-Pn}$ と表されるので(図8

(b)の波線参照)、ループスタート位置から次の分割波形の先頭位置までの区間であるループ部も同じ減衰特性に従うことになる。

【0064】しかし、再生制御部6で逆ループ再生を行うと、再生制御部6の出力の振幅エンベロープは、図9(a)に示すように、逆再生と順再生を繰り返すことになり、これでは、ループ部にAM変調がかかったような音になってしまうので、ループ部に入った後もチルダ $e(n)$ の減衰特性に従って単調減少するように減衰させることで自然な音質にする必要がある。

【0065】ところで、逆再生の間の振幅エンベロープは順再生とは逆になるのだから、 $a \cdot e^{Pn}$ となる。つまり、順再生の間は、 n が1つ進むにつれて e^P がかかるが、逆再生の間は、 n が1つ進むにつれて e^P がかかる

【0052】
【数2】

【0054】
【数3】

【0056】
【数4】

【0058】
【数5】

【0060】
【数6】

【0062】
【数7】

ことになる。従って、ゲイン補正係数を $g(m)$ とすると、ゲインを順再生の時はそのまま(1つ手前の値とする)で、逆再生の時は n が1つ進むにつれて e^P がかかって増加するのを e^{-P} にしたいのだから、 $e^{-P}/e^P = e^{-2P}$ をかけてやればよいことになる。

【0066】つまり、ゲイン補正係数 $g(m)$ は順再生時と逆再生時とで次のように定めればよいことになる。

$$g(m+1) = g(m) \quad (\text{順再生時})$$

$$g(m+1) = e^{-2P} \cdot g(m) \quad (\text{逆再生時})$$

但し、 $g(0) = 1$

【0067】ゲイン補正係数 $g(m)$ の初期値は、最初は順再生であり、振幅エンベロープを補正する必要もないのだから、1である。従って、ゲイン補正係数に必要な減衰定数は e^{-2P} だけでよいので、改めて e^{-2P} を減衰定数と定義することができる。

【0068】図9(b)はゲイン補正係数作成部8から出力される時間伸張時のゲイン補正係数を示したもの

で、逆再生の時だけ前回のゲイン補正係数 $g(m)$ に減衰定数 e^{-2p} をかけ、順再生の時は前回のゲイン補正係数 $g(m)$ をそのまま出力することを示している。

【0069】このようにすることにより、ループ区間でゲイン補正部7から出力される波形の振幅エンベロープは、図9(c)に示すようになり、ループ区間に入った後も図8(b)に示すチルダ $e(n)$ の減衰特性に従つ

$$P = \frac{6}{N(N+1)} \sum_{n=0}^{N-1} \left(1 - \frac{2n}{N-1}\right) \log e(n)$$

【0072】今、式(8)について $e(n)$ のサンプル数 N が奇数と偶数の場合を考える。まず、奇数の場合、すなわち、 $N = 2K + 1$ (K は自然数) の場合を考える。この場合、元波形データの格納アドレス n に対応するアドレスとして k を対応させて、 k の範囲を求めると次の通りである。

1) $n = 0, \dots, (N-3)/2$ のとき $n = -k - 1$ を代入すると、その時の k の範囲は $k = -1, \dots, -K$ となる。

2) $n = (N+1)/2, \dots, N-1$ のとき $n = 2K + 1 - k$ を代入すると、その時の k の範囲は $k = K, \dots, 1$ となる。

$$P = \frac{6}{(2K+1)(2K+2)} \left\{ \sum_{k=-1}^{-K} \left(1 - \frac{2(-k-1)}{2K}\right) \log e(k) + 0 + \sum_{k=1}^K \left(1 - \frac{2(2K+1-k)}{2K}\right) \log e(k) \right\} \\ - \frac{3}{(2K+1)(K+1)} \left\{ \sum_{k=1}^K \left(\frac{K+k+1}{K}\right) \log e(k) + \sum_{k=1}^K \left(\frac{-K+k-1}{K}\right) \log e(k) \right\} \quad \dots (9)$$

【0074】次に、偶数の場合、すなわち、 $N = 2K$ の場合を考える。奇数の場合と同様にして、 k の範囲を求めると次の通りである。

1) $n = 0, \dots, N/2 - 1$ のとき $n = -k - 1$ を代入すると、その時の k の範囲は $k = -1, \dots, -K$ となる。

2) $n = N/2, \dots, N-1$ のとき $n = 2K - k$ を代入すると、その時の k の範囲は $k = K, \dots, 1$ となる。

$$P = \frac{6}{2K(2K+1)} \left\{ \sum_{k=-1}^{-K} \left(1 - \frac{2(-k-1)}{2K-1}\right) \log e(k) + \sum_{k=1}^K \left(1 - \frac{2(2K-k)}{2K-1}\right) \log e(k) \right\} \\ - \frac{3}{K(2K+1)} \left\{ \sum_{k=1}^K \left(\frac{2K+2k+1}{2K-1}\right) \log e(k) + \sum_{k=1}^K \left(\frac{-2K+2k-1}{2K-1}\right) \log e(k) \right\} \quad \dots (10)$$

【0076】式(9)、(10)による P を減衰定数 e^{-2p} に代入すると、奇数 ($N = 2K + 1$) のときは、式(11)となり、

$$e^{-2p} = \left\{ \prod_{k=1}^K \left(\frac{e(k)}{e(-k)} \right)^{\frac{K-k+1}{K(K+1)(2K+1)}} \right\} \quad \dots (11)$$

【0078】偶数 ($N = 2K$) のときは、式(12)となる。

$$e^{-2p} = \left\{ \prod_{k=1}^K \left(\frac{e(k)}{e(-k)} \right)^{\frac{2K-k+1}{K(2K-1)(2K+1)}} \right\} \quad \dots (12)$$

【0080】式(11)、(12)に示すように、減衰定数 e^{-2p} は、エンベロープの左右対称な位置のデータ

で減衰させることができ、自然な音質にすることができる。

【0070】次に、上述した減衰定数 e^{-2p} を求める際に演算を簡便化させるための工夫について以下説明する。式(7)を変形すると、式(8)を得る。

【0071】

【数8】

$\dots (8)$

1) となる。なお、 $n = (N-1)/2$ のとき $1 - 2n/(N-1)$ は $1 - (N-1)/(N-1) = 0$ となるので、無視してもよい。すなわち、これらの関係から n に対応する k の範囲は次のようになる。

$n = \{0, 1, \dots, (N-3)/2, (N-1)/2, (N+1)/2, \dots, (N-1)\} \rightarrow k = \{-1, -2, \dots, -K, K+1, K, \dots, 1\}$

従って、式(8)は式(9)に書き換えられる。

【0073】

【数9】

すなわち、これらの関係から n に対応する k の範囲は次のようになる。

$n = \{0, 1, \dots, N/2 - 1, N/2, \dots, (N-1)\} \rightarrow k = \{-1, -2, \dots, -K, K, \dots, 1\}$

従って、式(8)は式(10)に書き換えられる。

【0075】

【数10】

【0077】

【数11】

【0079】

【数12】

比 $e(m)/e(-m)$ を用いた式に変形されることによって演算量が少なくなり効率的に求めることができるようになる。また、減衰定数の推定アルゴリズムには種々のものが考えられるので、適切なものを用いればよく、例えば上述したプロダクトを途中まで求めたり、1つ飛ばして求めたりして演算量を削減しながらも近似解を得ることができる。

【0081】従って、上記実施の形態によれば、楽音信号に重要なアタック部分の信号を加工せずにそのまま再生するために、アタック位置検出手段を用いてアタック部分を歪めたり削除したりせずに保存することができ、ピッチ検出を用いないでエンベロープ情報でアタック部分を判定するので、非周期音、和音、複音の入力楽音信号に対しても正常に動作可能となる。

【0082】また、分割波形の接合時に、波形の不連続性の為のノイズを発生しないように楽音波形のゼロクロス位置検出部を用いてアタック位置に最も近いゼロクロス位置を分割位置とすることで、クロスフェードを用いなくてもノイズを発生することなく波形を接合でき、元波形の音質を損なうことなく時間伸縮が可能となる。

【0083】また、時間伸張時には、分割位置で区切られた分割波形全部をループ再生するのではなく、分割波形の終端から予め定められた一定時間間隔だけ前に定めるループスタート位置と分割波形の終端との間だけを逆ループ再生することにより、高伸張率の時もアタック部分の信号の再生には影響しないので元の楽音信号の音質を損ねず時間伸張でき、さらに最も楽音の安定したサステイン部かディケイ部をピッチ検出を用いずに時間伸張するので、やはり元の楽音信号の音質を損ねないという効果がある。

【0084】また、順再生と逆再生でゲインの異なるゲイン補正部を設けたので、再生制御部の逆ループ再生によって生じる伸張時のループ部の振幅エンベロープの減衰カーブの乱れを入力楽音信号を用いた減衰定数推定部に基づく補正ゲイン係数を乗算するゲイン補正によって修正することができ、音量変化による聴感上の不自然さを解消できる。

【0085】また、ゲイン補正係数作成部を設けたので、再生制御部から送られる再生モードに従って順再生・逆再生時にそれぞれ適切なゲイン補正係数を自動的に作成できる。

【0086】さらに、分割波形のエンベロープ生成と減衰定数推定部を設けたので、分割波形毎に最適な減衰定数を推定することができ、ゲイン補正係数作成部はその減衰定数を用いて各分割波形毎に最適なゲイン補正係数

を作成できる。を特徴としている。なお、上記実施の形態では、ピッチ検出を用いていないので、アンサンブルの入力楽音信号に対しても正常に動作可能である。

【0087】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、楽音信号に重要な波形のアタック部分の信号波形を歪めることなく、かつ、時間伸張時にも2度打ち現象を抑えながら、複音の演奏などを含む任意の楽音信号のタイムストレッチを自動的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態に係るタイムストレッチ装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 図1に示すタイムストレッチ装置の動作説明に供するもので、入力波形メモリ1に格納された楽音信号の入力波形を示し、時間とアドレスを一対一に対応して示す説明図である。

【図3】 図1の再生制御部6の時間圧縮時の制御動作を説明するフローチャートである。

【図4】 図1の再生制御部6の時間伸張時の制御動作を説明するフローチャートである。

【図5】 順再生と逆再生、順ループ再生と逆ループ再生を説明するための波形図である。

【図6】 時間圧縮と時間伸張を説明するための波形図である。

【図7】 図1のゲイン補正係数作成部8によるゲイン補正係数の作成動作を説明するフローチャートである。

【図8】 振幅エンベロープ $e(n)$ の波形の減衰部の減衰エンベロープについての説明図である。

【図9】 時間伸張時のゲイン補正係数に減衰定数 $e^{-\alpha}$ をかけて図8(b)に示すチルダ $e(n)$ の減衰特性に従って減衰させる出力波形を得るための説明図である。

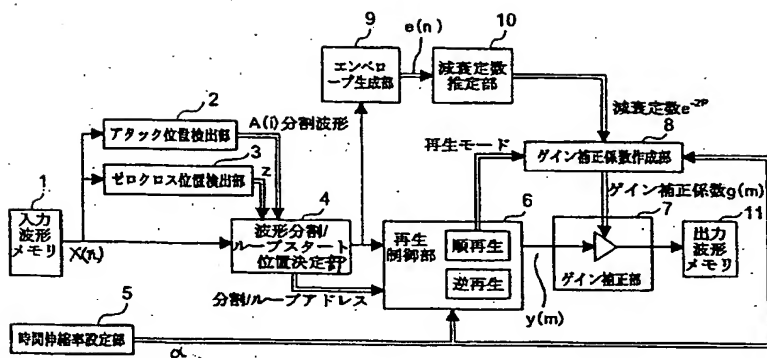
【図10】 特公昭55-5162号公報に示されたものと同様な時間軸圧縮伸張装置を示す構成図である。

【図11】 特開平9-62257号公報に示されたものと同様な発音タイミングの変更処理装置を示す構成図である。が示されている。

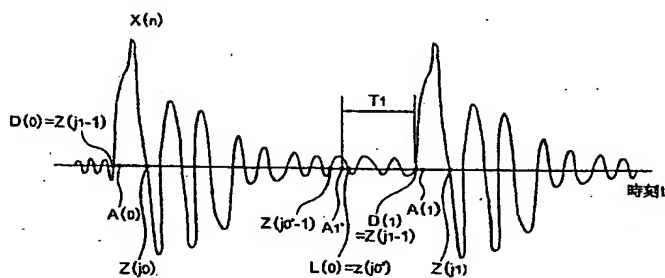
【符号の説明】

1 入力波形メモリ、2 アタック位置検出部、3 ゼロクロス位置検出部、4 波形分割／ループスタート位置決定部、5 時間伸縮率設定部、6 再生制御部、7 ゲイン補正部、8 ゲイン補正係数作成部、9 エンベロープ生成部、10 減衰定数推定部、11 出力波形メモリ。

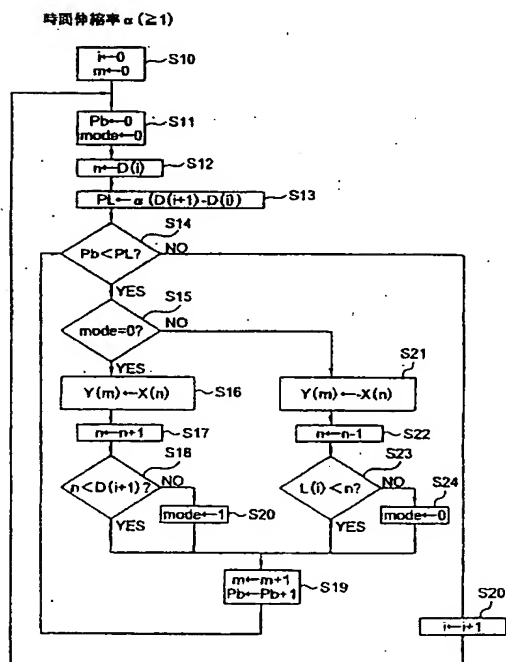
【図1】



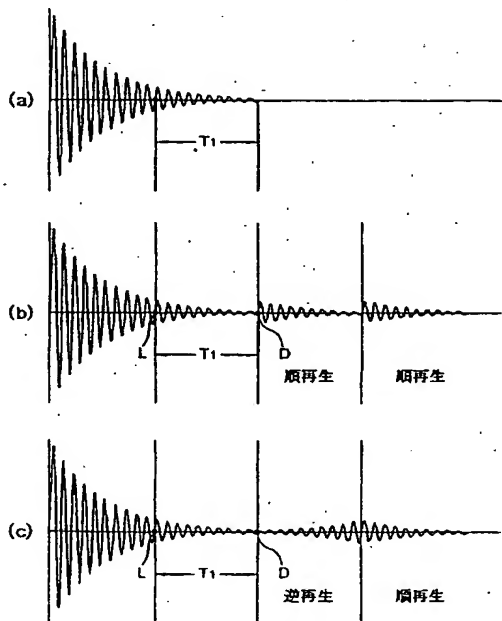
【図2】



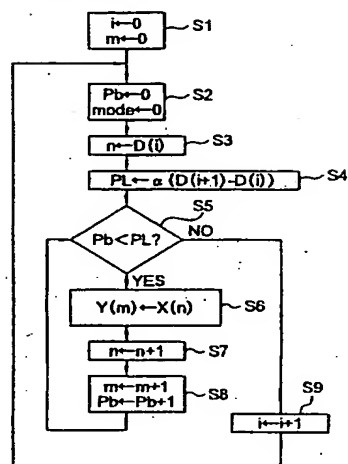
【図4】



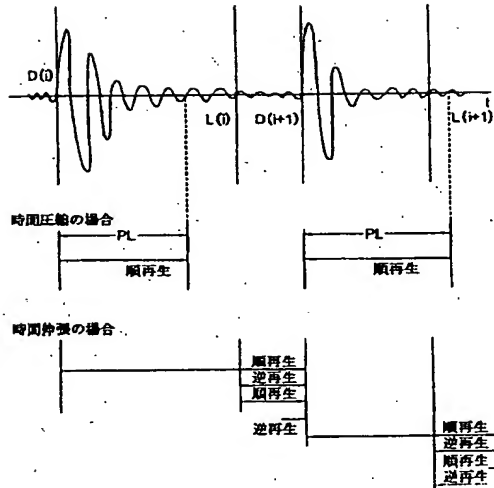
【図5】



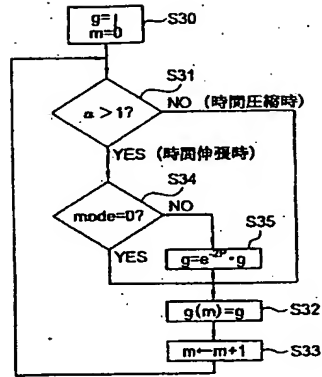
【図3】

時間伸縮率 $\alpha (<1)$ 

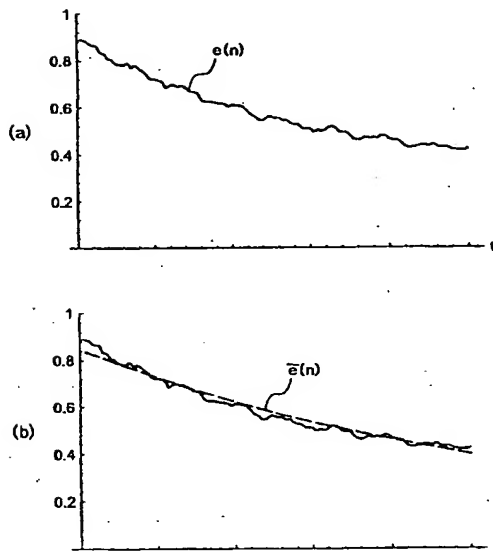
【図6】



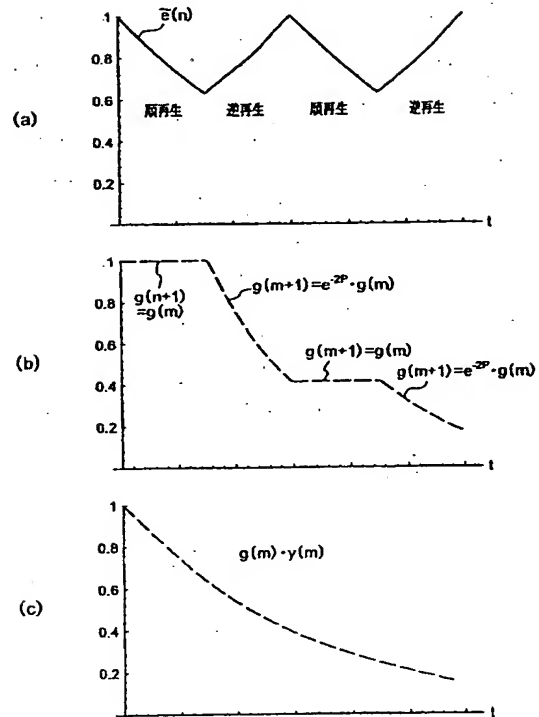
【図7】



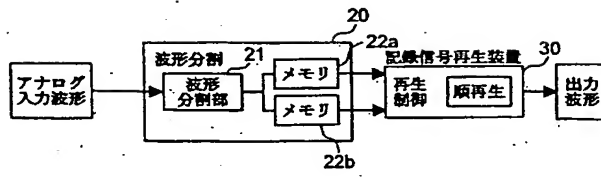
【図8】



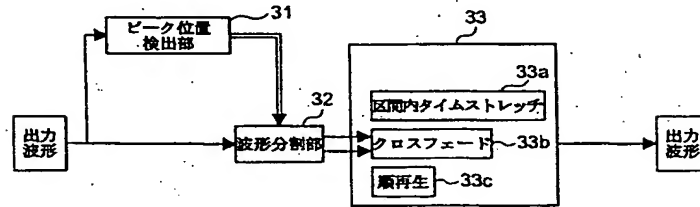
【図9】



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.